

上海郊县土壤和农作物中 金属元素的污染评价

庞金华

(上海农业科学院土壤肥料研究所, 上海 201106)

摘要 从上海郊县土壤及农作物中 Cd 等 9 种金属元素的含量及其地域分布特点, 研究了土壤与农作物中金属元素的相关性及土壤与农作物籽粒中金属元素含量的关系; 指出了不同农作物中金属元素含量的差异性; 局部地区由于土壤中 Cd 含量较高, 致使粮食中 Cd 含量超过国家允许标准。

关键词 农作物; 金属元素; 污染; 土壤

The evaluation of metal elements pollution in soils and crops in the suburbs of Shanghai
Pang Jin-Hua (Institute of Soil and Fertilizer, Shanghai Academy of Agricultural Science, Shanghai, 201106), *J. Plant Resour. & Environ.* 1994, 3(1): 20~26

The contents and regionally distributing characteristics of 9 metal elements, such as Cd *et al.*, in soils and crops in the suburbs of Shanghai are discussed. The correlations between metal elements in soils and crops, and between contents of metal elements in soils and crop seeds have also been studied. The results showed that there are some differences in contents of metal elements among crop varieties. A higher Cd content in soil of some areas has caused Cd content in grains over the state's standard.

Key words crop; metal elements; pollution; soil

上海是一个正在国际化的大都市。全市土地面积 6340.50 km², 郊区有 5591.79 km², 占全市土地面积的 88.2%。郊区局部地区的污染, 显然与发展的要求是不相称的。为了解上海市郊土壤和农作物中金属元素的含量和分布, 以及相互之间的影响和关系, 为有关决策部门提供污染治理的依据, 我们于 1990 年对全市土壤和农作物进行了大密度设点调查和采样分析。

研究方法

1. 样品的采制

(1) 土壤样品的采制 夏季收获季节, 在各县(区)选择有代表性的田块, 作为调查取样点, 共 84 个。每个点均按对角线法, 采取 0~20 cm 耕作层的土壤样品 1 kg 左右。混合后, 放室内风干, 弃去土壤中的侵入体和新生体, 压碎、碾细, 过 60 目尼龙筛, 装瓶、密封, 供分析用。

(2) 农作物样品的采制 在采集土壤样品的同一块田里, 夏季采集麦类样品(小麦共 63 个点, 大麦 21 个点), 秋季采集水稻样品(103 个点)。采集方法, 沿田块四周和对角线条状采集作物穗粒。每只样品重约 1 kg。晒干, 去杂, 取籽粒(稻谷脱壳成糙米)分析。

2. 测定项目与方法

(1) 项目 测定土壤和作物籽粒中的 Cd、Zn、Cu、Pb、Ni、Mn、Cr、Hg 和 As 元素。

(2) 方法^[1] 样品经湿消化处理后, 直接以岛津 AA-670 型原子吸收分光光度仪测定 Cd、Zn、Cu、Pb、Ni、Mn 元素, 721 型分光光度计测定 Cr、As 元素, YYG 3S 型冷原子荧光测汞仪测定 Hg 元素。测定过程中, 抽取 20% 的样品进行平行双样测定。为保证分析准确可靠, 还插入统一参考样测定。

3. 数据处理

分析结果, 经 IBM PC-XT 微机处理。用柯尔莫哥洛夫法($n > 30$ 时)或夏皮洛-威尔克 W 法($n < 30$ 时)检验分析数据的分布类型。分析数据呈正态分布(以 N 表示)时, 取算术平均数为代表值; 呈对数正态分布(以 L 表示)时, 取几何平均数为代表值; 呈偏态分布(以 B 表示)时, 取中位数为代表值。

此外, 采用生物统计方法, 进行平均值的差异显著性检验、逐步回归与相关的研究。

结果与分析

1. 上海郊区土壤中金属元素污染状况与评价

(1) 土壤中金属元素含量 土壤中金属元素含量见表 1。

表 1 上海各县土壤中金属元素平均含量(mg/kg)

Tab 1 Mean contents of metal elements in soil samples from Shanghai suburbs(mg/kg)

地区 Area	Cd	Zn	Cu	Pb	Ni	Mn	Cr	Hg	As
上海-Shanghai	0.49	130.4	27.7	23.7	29.0	378	76.21	0.19	9.26
嘉定 Jiading	0.16	93.8	25.2	20.7	28.8	341	71.46	0.21	7.57
宝山 Baoshan	0.15	88.0	24.5	16.8	30.6	391	76.74	0.10	8.21
川沙 Chuansha	0.39	136.1	33.3	21.3	35.9	391	80.56	0.17	9.41
南汇 Nanhui	0.13	95.8	28.4	19.1	32.2	391	76.32	0.09	8.56
奉贤 Fengxian	0.14	79.8	21.7	17.3	29.5	311	72.17	0.19	8.69
松江 Songjiang	0.43	126.4	29.2	21.3	30.8	295	75.05	0.20	9.44
金山 Jinshan	0.13	80.0	25.9	19.9	31.4	354	72.06	0.10	8.83
青浦 Qingpu	0.14	75.9	23.0	18.2	27.7	286	67.70	0.16	9.29
崇明 Chongming	0.15	73.1	22.2	13.9	25.0	360	65.17	0.05	7.62
最大值 Maximum	3.34	518.0	79.2	41.2	49.0	658.0	112.36	0.86	14.78
最小值 Minimum	0.10	54.0	20.0	11.8	24.2	204.0	58.20	0.02	5.87
代表值 Representative value	0.14	84.4	23.7	18.3	29.8	340.7	73.06	0.12	8.80
分布类型 Distribution type	B	B	B	B	L	N	N	B	N
背景值 Background value									
平均值 Mean(\bar{X})	0.134	76.8	23.5	21.3	31.19*	555.48*	64.6	0.21	8.95
$\bar{X}+S$	0.197	89.2	29.1	28.1			75.0		11.0

* 1987 年背景值

由表 1 可知: 1) 全市土壤中 9 种金属元素的含量都没有超过 1980(或 1987)年的土壤背

景值⁽²⁾。2) 部分金属元素的测定结果表明, 一次性最大值较高, 已接近或超过国外某些国家规定的土壤中同一元素的允许值。这虽是在局部地区发生, 但必须引起我们的重视。3) 通常来看, 川沙县土壤中的金属元素含量普遍较高, 其次是上海县、松江县, 崇明县最低。这与工业三废的排放及农业自身的污染有关。在靠近市区的上海县, 由于交通繁忙, 汽车废气的排放导致土壤中含 Pb 量较高。

(2) 土壤中元素之间的相互关系

9 种元素数据经数理统计处理后, 它们之间的关系见表 2 及表 3。

表 2 在 0.05 以上水平显著的相关元素

Tab 2 Correlation matrix of metal elements significant at 0.05

Elements	Zn	Cu	Pb	Ni	Mn	Cr	Hg	As
Cd	0.9701**	0.4981**	0.7459**	0.3761**		0.2893**	0.3405**	
Zn		0.6137**	0.7684**	0.4894**	0.2732*	0.3676**	0.3597**	
Cu			0.6398**	0.5601**	0.3825**	0.4147**	0.3867**	
Pb				0.4762**		0.4023**	0.5555**	
Ni					0.2254*	0.6071**		
Mn						0.2229*		
Cr								0.3095**

表 3 逐步回归结果

Tab 3 Results of stepwise regression

Independent variable	X _{Zn}	X _{Cu}	X _{Pb}	X _{Ni}	X _{Mn}	X _{Cr}	X _{Hg}	X _{As}
t-value	38.28	-3.96	2.23	-3.29	-1.23	-0.42	0.69	0.74
Coefficient of partial correlation	0.9735	-0.4026	0.2404	-0.3431	-0.1349	-0.0472	0.0768	0.0824
Regression equation	Y _{Cd} = -0.08 + 0.07 X _{Zn} - 0.006 X _{Cu} - 0.008 X _{Ni}					Remainder square sum Q = 0.6207		
Surplus standard deviation	S = 0.09		Coefficient of complex correlation RR = 0.9805		F-value F = 671.40			

从表 2 可知, 相关系数达显著水平的有 24 对元素。其中关系最密切的是 Cd 和 Zn, 相关系数 $r = 0.9701$ ($P < 0.01$)。

从表 3 可知, 土壤中含 Cd 量主要与 Zn、Cu、Ni 的含量密切相关 ($n = 85$), 复相关系数 $RR = 0.9805$, 相关达到了显著水平。其回归方程式为: $Y_{Cd} = -0.08 + 0.07 X_{Zn} - 0.006 X_{Cu} - 0.008 X_{Ni}$, 回归方差与剩余方差之比 $F = 671.40$ 。

(3) 土壤质量的评价⁽³⁾

根据 $P_i = C_i / S_i$ (C_i 为实测值, S_i 为评价标准值, 即上海市土壤背景值) 公式计算污染指数 P_i 值。按照 P_i 值的大小, 将污染程度分为 5 级, 即: 清洁 ($P_i \leq 1.0$)、轻污染 ($P_i = 1.1 \sim 2.0$)、中污染 ($P_i = 2.1 \sim 3.0$)、重污染 ($P_i = 3.1 \sim 5.0$) 和严重污染 ($P_i > 5.0$)。评价结果见表 4。

可以看出: 1) 土壤中 9 种金属元素的含量基本上属于正常范围, 少数有污染。突出的污染元素是 Cd、Zn 和 Hg, 个别点达严重污染。2) 若用简单平均法计算, 各元素的 P_i 值为: Cd 和 Zn 为 1.2, Ni、Mn、Cr 和 Hg 为 1.0, Cu 和 As 为 0.9, Pb 为 0.8。根据分级标准, 当 $P_i \leq 1$ 时, 土壤为未污染; $P_i > 1$ 时, 为污染。可见, 上海土壤已受到 Cd 和 Zn 的轻度污染, 而其余元素含量均正常。

表4 上海市土壤污染程度评价

Tab 4 Evaluation of pollution degree for metal elements in soil from Shanghai

1990年

元素 Elements	清洁 Clean (≤ 1.0)		轻污染 Light (1.1~2.0)		中污染 Media (2.1~3.0)		重污染 Heavy (3.1~5.0)		严重污染 Severe (> 5.0)	
	点数 Point No.	%	点数 Point No.	%	点数 Point No.	%	点数 Point No.	%	点数 Point No.	%
	Cd	74	88.1	7	8.3	0	0	0	0	3
Zn	40	47.6	41	48.8	0	0	1	1.2	2	2.4
Cu	76	90.5	7	8.3	1	1.2				
Pb	80	95.2	4	4.8						
Ni	59	70.2	25	29.8						
Mn	60	71.4	24	28.6						
Cr	66	78.6	18	21.4						
Hg	57	67.8	23	27.4	2	2.4	1	1.2	1	1.2
As	73	86.9	11	13.1						

2. 上海郊区农作物中金属元素污染评价

(1) 大麦籽粒中的金属元素含量

在84个麦子样品中, 21个大麦样品, 测定结果见表5。

表5 上海郊区大麦籽粒中金属元素含量(mg/kg)

Tab 5 Contents of metal elements in barley seed from Shanghai suburbs

地区 Area	Cd	Zn	Cu	Pb	Ni	Mn	Cr	Hg	As
宝山 Baoshan	0.01	22.7	4.10	0.10	0.51	5.02	0.20	0.0015	0.026
川沙 Chuansha	0.10	42.0	6.41	0.26	0.15	13.2	0.25	0.0020	0.056
奉贤 Fengxian	0.01	26.3	4.43	0.04	0.53	9.68	0.21	0.0015	0.081
松江 Songjiang	0.01	27.9	5.73	0.28	0.29	7.75	0.24	0.0013	0.056
金山 Jinshan	0.01	28.8	4.95	0.32	0.46	9.76	0.29	0.0024	0.039
青浦 Qingpu	0.01	30.5	6.07	0.25	0.51	12.19	0.18	0.0020	0.073
崇明 Chongming	0.01	31.1	5.87	0.18	0.42	13.40	0.21	0.0022	0.055
Maximum	0.10	42.0	7.73	0.56	0.73	24.4	0.34	0.0025	0.600
Minimum	0.01	22.7	3.99	0.04	0.15	5.0	0.12	0.001	0.010
Representative value	0.01	29.5	5.49	0.25	0.45	10.1	0.23	0.002	0.050
Distribution type	B	L	N	N	N	L	N	B	L
Allowable standard	0.2	50	10	0.5	1.0	60	0.8	0.02	0.7

由表5可知: 1) 各县大麦籽粒中金属元素的平均含量, 均低于国家允许卫生标准, 表明上海各县生长的大麦质量符合卫生要求。只有离公路很近的一个点, Pb含量超过国家允许卫生标准。2) 相关性检验结果表明, 9种元素之间有6对元素的含量相关性达显著水平, 即: $r_{Zn-Cu}=0.6959(P\leq 0.01)$, $r_{Cd-Zn}=0.6708(P\leq 0.01)$, $r_{Zn-Mn}=0.6225(P\leq 0.01)$, $r_{Zn-Ni}=-0.5009(P\leq 0.05)$, $r_{Cu-Mn}=0.4907(P\leq 0.05)$, $r_{Cu-As}=0.4665(P\leq 0.05)$ 。这对防止大麦中某些元素的污染有一定的实践意义。

(2) 小麦籽粒中的金属元素含量

63个小麦样品的各金属元素含量见表6, 相关回归分析结果见表7。

表6 上海郊县小麦籽粒中金属元素含量(mg/kg)

Tab 6 Contents of metal elements in wheat seed from Shanghai suburbs (mg/kg)

地区 Area	Cd	Zn	Cu	Pb	Ni	Mn	Cr	Hg	As
上海 Shanghai	0.06	33.9	4.74	0.18	0.44	15.6	0.26	0.0016	0.062
嘉定 Jiading	0.03	33.6	5.63	0.10	0.25	16.2	0.22	0.0012	0.064
宝山 Baoshan	0.02	30.5	5.21	0.17	0.37	15.5	0.20	0.0016	0.071
川沙 Chuansha	0.06	32.7	4.82	0.22	0.33	13.8	0.18	0.0019	0.067
南汇 Nanhui	0.01	31.3	4.99	0.42	0.31	15.8	0.18	0.0018	0.045
奉贤 Fengxian	0.02	30.4	4.31	0.28	0.34	17.5	0.20	0.0013	0.120
松江 Songjiang	0.05	34.6	5.41	0.27	0.40	14.6	0.26	0.0016	0.076
金山 Jinshan	0.01	29.2	4.68	0.24	0.24	13.9	0.27	0.0047	0.024
青浦 Qingpu	0.02	33.8	5.75	0.27	0.42	15.0	0.24	0.0022	0.059
崇明 Chongming	0.02	28.9	4.91	0.23	0.34	15.4	0.18	0.0021	0.055
Maximum	0.25	43.8	6.68	0.58	0.80	26.2	0.38	0.005	0.600
Minimum	0.01	22.5	3.27	0.10	0.08	5.0	0.12	0.001	0.005
Representative value	0.02	32.3	5.09	0.20	0.36	15.4	0.22	0.002	0.063
Distribution type	B	N	N	B	N	N	N	B	B
Allowable standard	0.2	50	10	0.5	1.0	60	0.8	0.02	0.7

表7 小麦 Cd 的逐步回归

Tab 7 Stepwise regression of the wheat-Cd from Shanghai

Independent variable	X _{Zn}	X _{Cu}	X _{Pb}	X _{Ni}	X _{Mn}	X _{Cr}	X _{Hg}	X _{As}
t-value	4.45	0.06	0.93	1.32	-1.66	-0.90	-0.92	-0.90
Coefficient of partial correlation	0.5082	0.0079	0.1223	0.1726	-0.2152	-0.1180	-0.1213	-0.1183
Regression equation	$Y_{Cd} = -0.10 + 0.005 X_{Zn} - 0.002 X_{Mn}$				Remainder square sum Q=0.06			
Surplus standard deviation	S=0.03	Coefficient of complex correlation RR=0.5582			F-value F=12.90			

由表6可以看出: 1) 各县小麦籽粒中金属元素的平均值均低于国家允许卫生标准, 表明上海生产的小麦质量是好的。但是, 其中有2个点的小麦含 Cd 量超过卫生标准, 即0.25 mg/kg 和0.23 mg/kg, 这是受含锌废渣的影响和污泥二次污染的结果。有4个点麦粒中含 Pb 量超过允许标准, 即0.58、0.56、0.54和0.52mg/kg。这些点因离公路较近, 可能是汽车废气中 Pb 污染所致。2) 相关性检验结果表明, 9种元素之间有3对元素相关达显著水平, 即: $r_{Cd-Zn}=0.6121$ ($P \leq 0.01$), $r_{Zn-Cu}=0.4217$ ($P \leq 0.01$), $r_{Cd-Mn}=0.2651$ ($P \leq 0.05$)。由此, 我们可以控制相关元素的含量来减少小麦中金属元素的污染。

表7对 Cd 的逐步回归结果, 也进一步证实了影响小麦籽粒中 Cd 含量的主要元素为 Zn 和 Mn。其回归方程式为: $Y_{Cd} = -0.10 + 0.005 X_{Zn} - 0.002 X_{Mn}$ 。

(3) 糙米中金属元素含量

103个水稻样品中的金属元素测定结果见表8, 各元素之间回归分析结果见表9。

从表8可知: 1) 各县糙米中金属元素含量的平均值均低于国家卫生标准, 说明糙米质量是好的。但是, 其中有2个点含 Cd 量超过允许标准, 即0.52 mg/kg 和0.51 mg/kg, 属历史上 Cd 的重污染区。2) 相关性检验结果表明, 9个元素之间有3对元素相关达显著性水平($n=91$), 即: $r_{Cd-Zn}=0.2706$ ($P \leq 0.01$), $r_{Zn-Cu}=0.2737$ ($P \leq 0.01$), $r_{Cu-As}=-0.2485$ ($P \leq 0.05$)。表明糙米中 Cd 含量与 Zn 的含量密切相关; 而 Cu 含量, 不仅与 Zn 相关, 与 As 含量也密切相关。

表8 上海郊区糙米中金属元素含量(mg/kg)

Tab 8 Contents of metal elements in brown rice from Shanghai suburbs (mg/kg)

地区 Area	Cd	Zn	Cu	Pb	Ni	Mn	Cr	Hg	As
上海 Shanghai	0.03	21.35	3.39	0.42	0.38	20.84	0.24	0.0031	0.126
嘉定 Jiading	0.03	19.31	4.36	0.31	0.34	21.04	0.24	0.0033	0.127
宝山 Baoshan	0.03	19.21	4.19	0.40	0.38	21.55	0.25	0.0020	0.118
川沙 Chuansha	0.09	23.28	3.88	0.35	0.33	17.65	0.25	0.0030	0.152
南汇 Nanhui	0.01	19.73	3.92	0.25	0.36	18.79	0.29	0.0024	0.103
奉贤 Fengxian	0.03	18.67	3.83	0.31	0.48	19.30	0.27	0.0037	0.115
松江 Songjiang	0.06	18.32	3.53	0.36	0.44	20.53	0.29	0.0035	0.119
金山 Jinshan	0.03	17.65	3.72	0.28	0.32	21.20	0.26	0.0030	0.126
青浦 Qingpu	0.03	18.47	3.47	0.28	0.41	21.70	0.25	0.0033	0.136
崇明 Chongming	0.07	18.42	4.54	0.26	0.31	17.72	0.26	0.0018	0.077
Maximum	0.52	37.56	6.31	0.70	0.77	37.20	0.47	0.012	0.245
Minimum	0.01	13.46	2.39	0.05	0.10	12.67	0.15	0.001	0.034
Representative value	0.03	18.83	3.78	0.32	0.38	19.78	0.26	0.003	0.121
Distribution type	B	L	N	N	N	L	L	B	N
Sample number	103	103	103	103	100	97	99	103	103
Allowable standard	0.2	50	10	0.5	1.0	60	0.8	0.02	0.7

表9 上海糙米 Cd 的逐步回归

Tab 9 Stepwise regression of the brown rice-Cd from Shanghai

Independent variable	X _{Zn}	X _{Cu}	X _{Pb}	X _{Ni}	X _{Mn}	X _{Cr}	X _{Hg}	X _{As}
t-value	2.65	0.89	-0.83	0.29	-0.66	0.83	0.29	0.29
Coefficient of partial correlation	0.2706	0.0935	-0.0879	0.0312	-0.0693	0.0879	0.0307	0.0312
Regression equation	$Y_{Cd} = -0.04 + 0.004 X_{Zn}$				Remainder square sum $Q = 0.2380$			
Surplus standard deviation	$S = 0.05$		Coefficient of complex correlation $RR = 0.2706$			F-value $F = 7.03$		

表9表明,糙米中Cd含量,主要受Zn含量的影响。方程式为: $Y_{Cd} = -0.04 + 0.004 X_{Zn}$ 。由此,控制糙米中Zn的含量,可以降低糙米中Cd的浓度,从而减少对人的危害。

由以上可以看出: 1) 上海粮食作物中主要污染元素是Cd和Pb; 2) 小麦籽粒和糙米各有2个点的含Cd量超过0.2 mg/kg的卫生标准,而这两个点都是历史上的重污染区; 糙米测定点中有1个点连续2季采样测定都超过允许标准,必须高度警惕; 3) 粮食中Pb的污染,可能因离公路较近,与汽车排放的废气有关。

3. 土壤中元素与粮食中元素的关系

土壤中的元素,由于植物根系的吸收,可转移到地上部各个器官。同时,植物叶片也能吸收大气中一些元素,并主要积累在叶部,也有少量转移到果实中去。

从上海土壤、粮食中元素的调查结果来看,作物与土壤关系比较密切的元素是Cd和Zn。土壤含Cd量高的县,小麦籽粒和糙米中的含Cd量也高,高低次序是一致的。土壤含Zn量高的县,糙米中含Zn量也高,高低次序也是一致的。由此可见,作物中Cd和Zn的含量,取决于土壤中的含量。这与很多报道是一致的^[4-7]。测定数据的相关性检验结果见表10。

从表10可知:小麦籽粒中的Cd、Zn,大麦籽粒中的Cd、As,水稻糙米中的Cd、Zn、Pb含量均与土壤中这些元素的含量密切相关,其相关性均达显著水平。特别是Cd,带有普遍性。土壤中Cd的含量,对3种作物都有直接影响。

表10 上海土壤、粮食中元素含量的相关性
Tab 10 Correlation between soil and grain as element contents from Shanghai

Element	Regression equation	r-value	Significant level
Cd	$Y_{\text{米}} = 0.08 + 0.15 X_{\pm}$	0.8819	$P \leq 0.01$
	$Y_{\text{小麦}} = 0.05 + 0.09 X_{\pm}$	0.9473	$P \leq 0.01$
	$Y_{\text{大麦}} = 0.05 + 0.26 X_{\pm}$	0.6525	$P \leq 0.01$
Zn	$Y_{\text{米}} = 21.12 + 0.02 X_{\pm}$	0.3577	$P \leq 0.05$
	$Y_{\text{小麦}} = 35.21 + 0.02 X_{\pm}$	0.5502	$P \leq 0.05$
Pb	$Y_{\text{米}} = 0.45 + 0.006 X_{\pm}$	0.2575	$P \leq 0.05$
As	$Y_{\text{大麦}} = 0.32 + 0.03 X_{\pm}$	0.4550	$P \leq 0.05$

小结与讨论

1. 上海郊县土壤中Cd等9种金属元素的含量,有一定地域分布规律。例如: Cd以上海、松江和川沙县最高, Pb以上海、嘉定、川沙和松江县较高, Cu、Ni、Cr以川沙县最高, Hg以嘉定和松江县最高, Zn以川沙、上海和松江县最高, Mn以宝山、川沙和南汇县最高。除Zn以外, 67.8%以上点的土壤中元素含量在正常范围内, 说明上海郊县土壤的质量是比较好的。

2. 从土壤中金属元素的污染程度来看, 污染比较重的元素有Cd(占3.6%)、Zn(占2.4%)、Hg(占1.2%)。尽管污染范围很小, 但Cd的污染必须高度重视。

3. 土壤中元素间的相互关系十分密切。9种金属元素相关系数达显著水平的有24对, 最密切的是Cd和Zn。回归分析表明, 土壤含Cd量主要受Zn、Cu、Ni的影响。因此, 为了防止Cd在土壤中积累, 可采取控制土壤中Zn、Cu、Ni含量的方法, 以减轻Cd的危害。

4. 农作物中金属元素的含量, 受土壤中该种元素含量的影响, 即土壤中含量高的元素, 在作物中含量也高。例如, 土壤中Cd含量高的县, 农作物中Cd含量也高。这表明, 农作物的污染主要来自于土壤的污染。

5. 调查表明: 上海郊县部分地区农作物已受Cd和Pb污染, 以Cd为严重, 这与历史上的重污染区土壤含Cd量较高有关。Pb污染的点, 都离公路较近, 可能与汽车排放的废气有关。

6. 不同作物中元素的含量存在差异。例如: 小麦中Zn、Cu含量高于水稻, 而Mn、As含量低于水稻。这与作物各自的生态环境中选择吸收有关。

参考文献

- 1 环境污染分析方法编辑组. 1980: 环境污染分析方法, 科学出版社, 北京. 32~151.
- 2 上海农科院土肥所环保室. 1980: 农业环境保护(2~3): 24.
- 3 蒋德富, 刘菊英. 1981: 新疆环境保护(2): 26~30.
- 4 吴燕玉, 孔庆新, 代同顺. 1980: 土壤通报(1): 4~7.
- 5 吕春元. 1981: 环境科学2(2): 57~61.
- 6 李继云, 任尚学, 陈代中. 1988: 农业环境保护7(2): 30~33.
- 7 丁中元. 1989: 环境科学10(5): 78~84.

(责任编辑: 罗 萱)